

南極クイーンモードランド沖の海水の漂流特性

宮川 卓也^{1*}・大島慶一郎¹

Sea Ice Drift off Queen Maud Land, Antarctica

Takuya MIYAKAWA^{1*} and Kay I. OHSHIMA¹

Abstract: Characteristics of sea ice drift off Queen Maud Land are described on the basis of the Argos buoy deployed on the ice floe in the pack ice region off Syowa Station on February 20, 1992. The drift of the buoy is consistently westward with some variability. Averaged velocity of westward drift is about 20 cm/s in the region from 39°E (February 20) to 14°E (April 10). The drift velocity becomes especially large west of the Riiser-Larsen Peninsula. Drift vectors of sea ice off Queen Maud Land are obtained from 68 NOAA AVHRR images. In general, the drift vectors approximately follow the bottom contours: they are mostly westward in the coastal region, northward in the east of Gunnerus Ridge. Both the buoy and AVHRR analyses suggest that the sea ice drift is considerably influenced by the ocean current.

要旨: 1992年2月20日昭和基地沖流水域の氷盤に設置されたアルゴスブイから、クイーンモードランド沖の海水の漂流特性を調べた。ブイの漂流は変動しながらも漂流方向はほとんど西向きで、東経39度(2月20日)から東経14度(4月10日)での西向きの平均漂流速度は約20 cm/sであった。特に3月の中旬リーセルラルセン半島を越えてから東経16度に達するまでの間に大きな漂流速度を持っていた。同様の海域において、68枚のNOAA・AVHRR画像を用い、特徴的な氷盤や割れ目を追跡するという手法で海水の漂流ベクトル場を求めた。漂流ベクトル場は、沿岸域ではおおむね西向きであるが、グネルス海嶺の東では北向きの漂流も見られ、全体的に海底地形とよく対応する分布になっていた。アルゴスブイ及びAVHRR画像による結果とともに、この海域での海水の漂流は海流に強く影響されることを示唆している。

1. はじめに

昭和基地沖の海水及び海流の動きは、いまだ断片的な情報しかなくよくわかっていない。氷山は喫水が深いので、その漂流はほとんど海流によると考えられている。KUSUNOKI (1967) は氷山の漂流から昭和基地沖では西向きの海流があることを最初に示唆した。川口・山内 (1992)

¹ 北海道大学低温科学研究所. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Kita-19, Nishi-8, Kita-ku, Sapporo 060.

* Present address: 気象庁気象衛星センター. Meteorological Satellite Center, Meteorological Agency, 3-235, Nakakiyoto, Kiyose-shi, Tokyo 204.

及び OHSHIMA *et al.* (1996) は、米国 NAVY-NOAA 共同の海水情報センター発行のチャートから、氷山の漂流はクイーンモードランド及びエンダービーランド沖では常に西向きであることを示している。ALLISON (1989) はプリッツ (Prydz) 湾沖の海洋中に投下したアルゴス漂流ブイから、上記の海域ではやはり西向きの海流があることを示している。

一方海水の漂流に関しては、山内ら (1992) が丸 2 日隔たった 2 枚の NOAA・AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer の略) 画像から氷盤の動きや割れ目の移動を追跡し、昭和基地沖の海水の漂流分布を示した。一例だけではあるが、海水の漂流は全般として西向きであること、海底地形の影響が見られることなどが示された。

クイーンモードランドの西方の沿岸域は比較的多くの観測がなされている。FAHRBACH *et al.* (1994) は係留観測により、西経 10-20 度の沿岸域では西向きの流れが卓越しその流量は約 $30 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ にもなることを示した。また、海水の漂流に関しても、VIHMA *et al.* (1996) がアルゴスブイの観測から西向きが卓越することを示している。

本報告では、まず昭和基地沖の海水上に設置されたアルゴスブイからクイーンモードランド沖の流水域での海水漂流特性を示す。昭和基地沖付近では、海水の漂流ブイ観測は初めてのものである。次に、多数の NOAA・AVHRR 画像を用いて、この海域での平均的な海水漂流分布がどのようなものであるかを示す。

2. アルゴスブイによる海水漂流観測

1992 年 2 月 20 日、「しらせ」のヘリコプターから、昭和基地沖の 100 m 四方程度の氷盤上にアルゴスブイ TAD (Tiros Arctic Drifter の略: DSI 社製) を設置した。設置点は定着氷縁より数 km 沖の流水域 (pack ice zone) である。TAD は位置データの他に気圧、気温の測定結果を人工衛星を通して送信するので、海上での気象情報のソースとしても有益なものである。ブイは投下後から約 5 カ月間にわたってのデータを送信した。

図 1 にブイの漂流図を示す。昭和基地沖に設置されたブイはリーセルラルセン (Riiser-

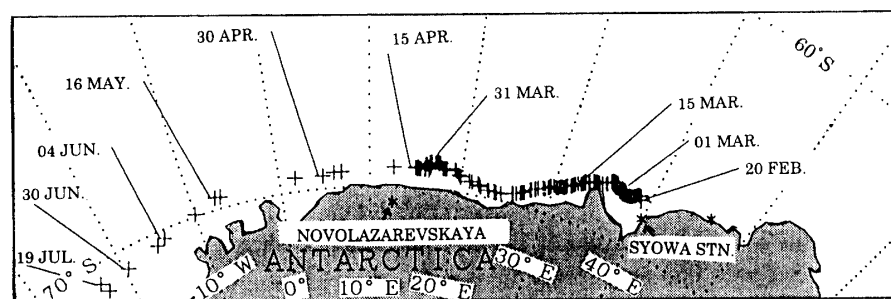


図 1 アルゴスブイ TAD の漂流の軌跡。1992 年 2 月 20 日 (ブイ設置日) から 7 月 19 日までを示す。送信された位置データすべてをプロットしてある。

Fig. 1. Movement of the Argos buoy from February 20 (day of deployment) to July 19 in 1992. All the transmitted position data are plotted.

Larsen) 半島沖を越え、その後沿岸沿いに漂流を続け7月19日には西経約23度に達している。図2にブイ設置直後から4月10日までのブイの漂流速度と昭和基地の地上風の東西成分を示した。この間ブイは変動を示しながらも漂流方向はほとんど西向きで、その西向きの平均漂流速度は約20 cm/sであった。ブイの漂流は3月の中旬リーセルラルセン半島を越えてから急激に速くなり、最大で100 cm/sにも達している。

図2を見た限りでは、昭和基地の風とブイの漂流は必ずしも対応しているとは言えない。この要因はいくつか考えられる。海水の漂流は風の他に海流の影響を強く受けるということがまずあげられる。また、西向きの風が卓越する沿岸域では、海水が岸に押しつけられ収束するセンスにあるので、海水の運動には内部応力が重要になってくる可能性がある。さらに、昭和基地の風が海上風をどれだけ代表しているかも大きな問題である。

海流がなく氷盤同士の相互作用(内部応力)も小さいと考えられる場合には、氷盤の漂流速度は風速の約2-3%になると言われている。仮にブイを設置した氷盤が風の影響によってのみ運動していると仮定すると、最も漂流速度が大きい3月23日-28日の6日間の西向き平均漂流速度は約71 cm/sなので、この期間には25-35 m/sの風が海氷上を吹き続けていたことになる。実際の海氷上の風は測定されていないが、この期間の昭和基地の西向き平均地上風速は約5 m/sしかない。昭和基地の風に代表性の問題があるにしても、この期間に20 m/s以上の風が海氷上を吹き続けていたとは考えにくい。最も考えられることは、沿岸を西向きに流れる海流が海水の漂流速度を大きくしているということである。図3は設置直後から2カ月間のブイの軌跡を海底地形とともに示したものである。この図を見ると、漂流速度が大きい期間(3月17日から3月31日)は海水が等深線に沿って運動している時期に対応していることがわかる。

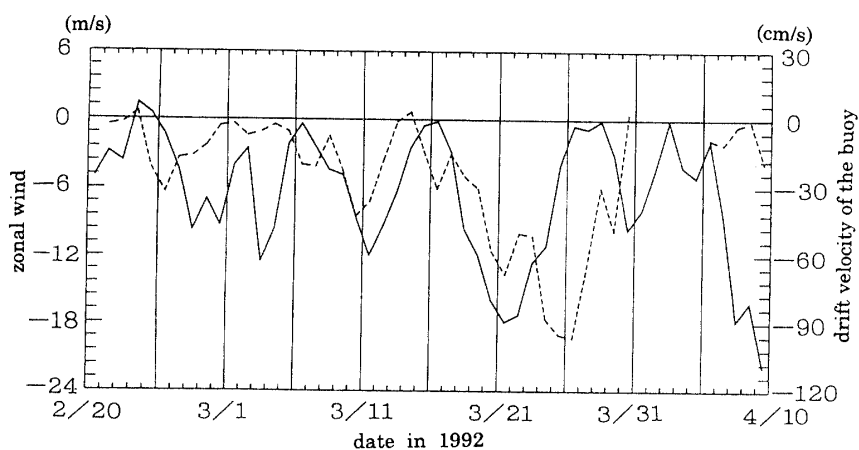


図2 アルゴスブイの漂流速度の東西成分(破線)と昭和基地地上風の東西成分(実線)。東向き成分を正とする。日平均データを用いている。

Fig. 2. Time series of zonal component of the buoy drift (broken lines) and the surface wind at Syowa Station (solid lines). The eastward direction is taken as positive. Daily averaged data are used.

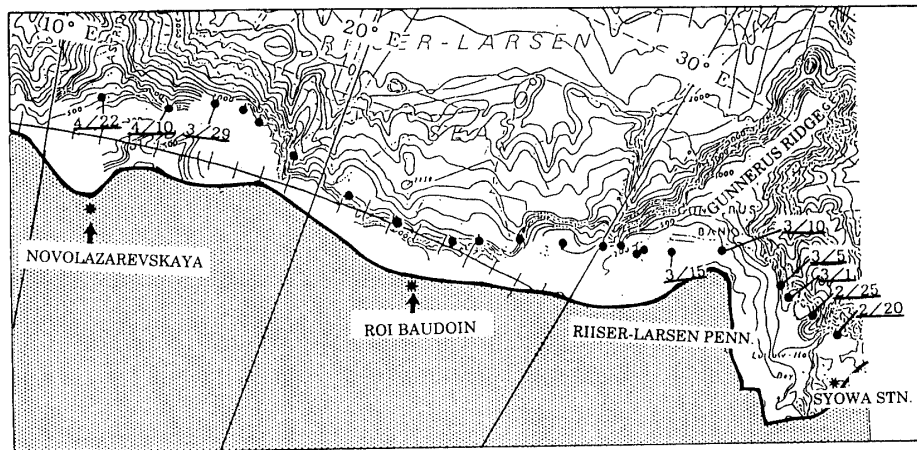


図3 アルゴスブイの漂流の軌跡 (黒丸) と海底地形. 3月15日-3月29日の期間については1日ごとにプロットしている.

Fig. 3. Positions of the Argos buoy superimposed on the bathymetry map. From March 15 through March 29 the position is plotted at one day intervals.

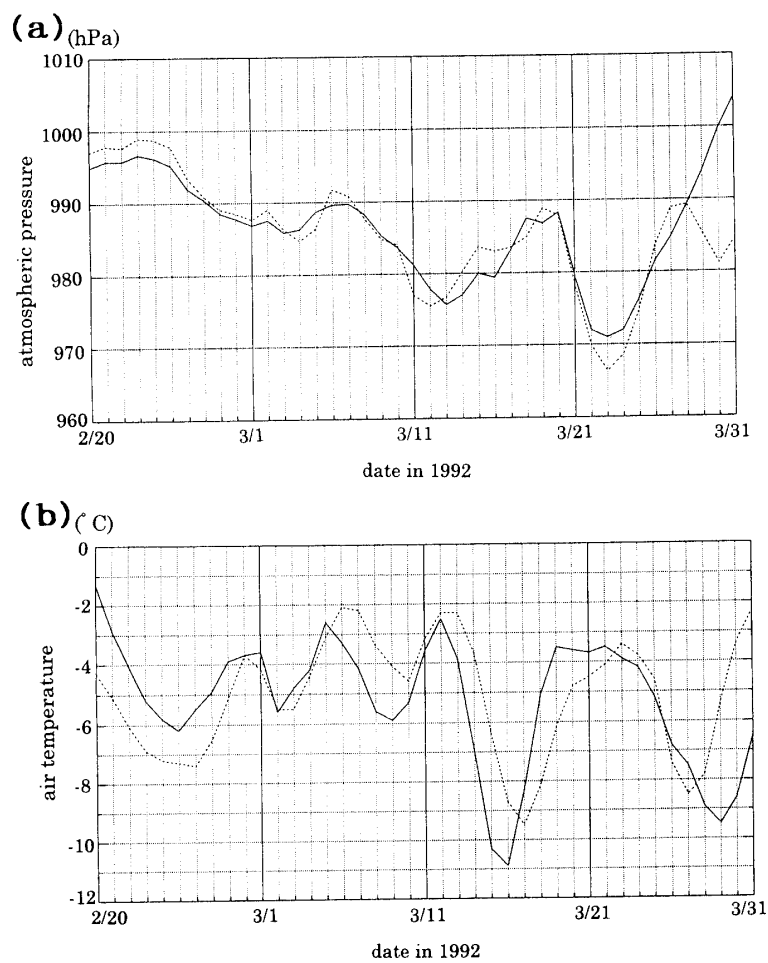


図4 アルゴスブイと昭和基地での気圧 (a) と気温 (b) を比較. 3日平均のデータを用いている.

Fig. 4. (a) Time series of atmospheric pressure at the buoy (dotted lines) and Syowa Station (solid lines). (b) As in (a) except for air temperature. 3-day averaged data are used.

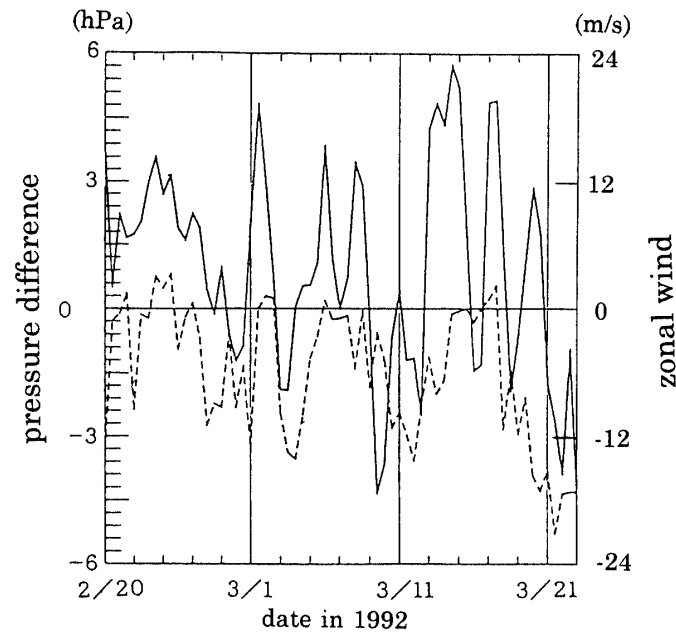


図5 ブイの気圧と昭和基地地上気圧の差 (実線) と昭和基地地上風の東西成分 (破線) の比較。ブイの気圧が高いとき気圧差を正とする。風は東向きを正とする。

Fig. 5. Time series of pressure difference between the buoy and Syowa Station (solid lines), and zonal component of the surface wind at Syowa Station (broken lines). Positive values on the solid lines mean that the buoy pressure is higher than that at Syowa Station. Positive values of the broken lines mean eastward wind.

このことも海水の漂流がこの海域の西向きの海流を反映したものであることを示唆している。

漂流ブイ TAD は海上風は測定していないが気圧と気温は測定しているので、その結果についても報告する。図4はブイ設置直後から3月31日までのブイと昭和基地の気圧(a)と気温(b)を比較したものである。なお、データには3日の移動平均を施してある。両地点の気圧・気温はともにかなりよく対応していることがわかる。この間にブイは西方へ800 km程度移動しているが、この程度の空間スケールでは沿岸域では気象要素はかなりコヒーレントな変動を示すということが言える。次に、ブイの気圧を利用して海上風に関する情報が得られないかを考えた。気圧の等値線は沿岸に沿っていると仮定すると(この仮定がよいかは問題ではあるが)、昭和基地とブイとの気圧差は沿岸沿い方向の地衡風を反映していることになる。図5にはこの気圧差と昭和基地の地上風東西成分との比較を示した。ブイが基地の近くにある3月5日くらいまでは両者の対応はよいが、ブイが基地から遠ざかると全く対応しなくなる。なお、この気圧差とブイの漂流との比較も行ったが両者には有意な関係は見られなかった。

3. NOAA 画像による海水の漂流分布

一つのブイのデータだけでは平均的な海水の運動を表しているとは言い難い。昭和基地では1980年より NOAA・AVHRR データの受信が開始され、ACR (Antarctic Climate Research) 期

間は毎日最低一回の受信が行われた。このデータは昭和基地において一次処理が施され、CCTに記録され、現在極地研究所に保存されている。そこで、これらの AVHRR 画像を用いてクイーンモードランド沖の平均的な海水漂流場を把握することを試みた。基本的には山内ら(1992)と同様な手法を用いており、1-4日隔てた二つの画像で特徴的な氷盤や氷盤間の割れ目を追跡し、海水の漂流ベクトルを求めるということを多数のペア画像に対して行った。その際、両者の画像の地理的位置を合わせる必要がある。そこでまず、それぞれの受信データに対し衛星の軌道情報に基づいて幾何補正を行う。これだけでは補正が不十分なので、特徴的な固定点(半島の先端や島など)が2枚の画像で一致するようにさらに幾何補正を行う。目印となる固定点の多くは大陸上にあるので、この手法では沿岸近くの精度はよいが大陸から遠い沖合いの地点では誤差が大きくなる。

図6は、1989年の5月から12月の間の68枚(34組)の画像から求めた全漂流ベクトルを重ね合わせて示したものである。海水漂流場を格子データとして表すために、各格子から100 km以内の全漂流速度データを、重みを掛けて平均化したのが図7である。得られた漂流場は、元のデータが時間・空間的に一様ではないので、統計的には厳密さを欠くものの、ある程度は平均的なクイーンモードランド沖の海水の漂流場を表していると言える。

まず沿岸域では全体的に西向きの漂流であるが、リーセルラルセン半島の東側では北向きに

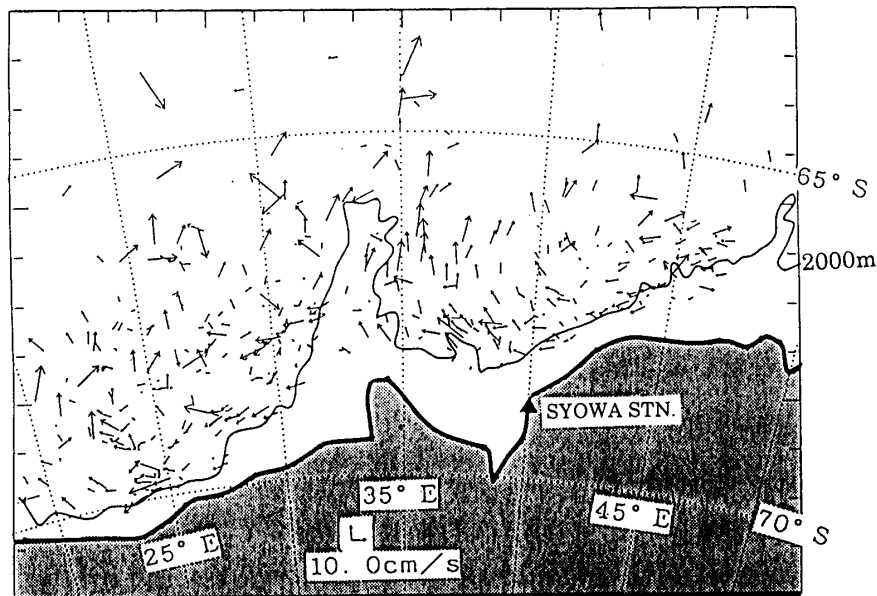


図6 NOAA AVHRR の画像から得られた海水の漂流速度ベクトル。1989年5月-12月の間の68枚の画像から得られた結果をすべて重ね合わせて表示している。2000 m の等深線も表示してある。

Fig. 6. Drift vectors of sea ice obtained from NOAA AVHRR images. The vectors are calculated from the movement of distinctively shaped ice floes and cracks using two images spaced 1-4 days apart. 68 images during the period from May to December, 1989 are used. The 2000 m depth contour is superimposed.

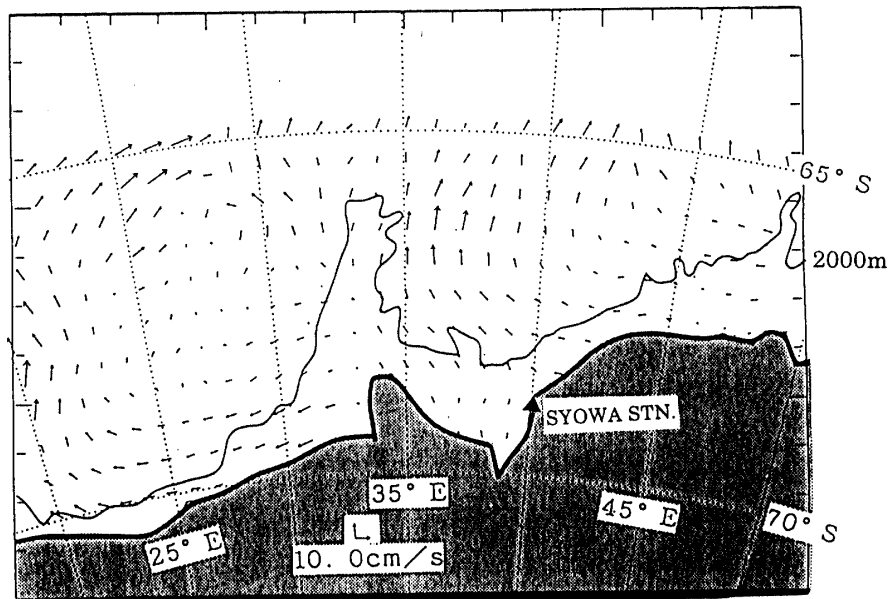


図7 図6の漂流速度ベクトルを水平方向に平均化してグリッドデータにしたもの。ガウス分布型の重みをかけている。影響半径は100 km.

Fig. 7. Gridded data of sea ice drift vectors based on the data in Fig. 6. A Gaussian type weight function is used with its influence radius being 100 km.

漂流する。また半島を越えてからは沿岸に沿って西向きに大きな漂流速度を持つことがわかる。後者の特徴はブイで得られた特徴とよく一致している。図6, 7には2000 mの水深線も示している。リーセルラルセン半島沖にはグネルス海嶺 (Gunnerus Ridge) が北向きに延びているが、海水の漂流ベクトル場がこのような海底地形と対応するような分布になっているのがわかる。風の卓越方向は海底地形には影響されないから、このような特徴は、海流がまず海底地形の影響を受け、それが海水の漂流に反映されていると考えることができる。

以上の AVHRR 画像より抽出された平均的な漂流場に対しては、一つ注意する点がある。それは、これらの結果は海水を見ることのできる晴れている時のみの平均場であるということである。従って、気圧場や風の間には大きなバイアスがかかっている可能性がある。

4. おわりに

海水に設置されたブイの漂流と AVHRR 画像から求められた海水漂流ベクトル場は、ともにこの海域での海水の漂流は背景に存在する西向きの海流に強く影響されることを示唆している。今回示唆された海底地形に沿うような西向きの沿岸流が、今後係留観測等によって確かめられることを期待する。海水の運動と風との関係はデータが不十分であることもあり、明確な関係はつかめなかった。今回はブイを一つしか設置できなかったが、ブイからは精度の高い気圧や気温のデータが得られる。複数個のブイを展開すると、シノプティックな気象場 (風

の場)と海水の運動との関係がより明確になると思われる。一方、昭和基地では AVHRR のデータが過去十年あまりにわたって蓄積されている。本研究で行ったような海氷漂流ベクトル場を求める解析を 1989 年以外の年にも適用すると、さらに多くの情報を得ることができるとと思われる。

謝 辞

アルゴスブイ TAD の導入にあたっては、海洋科学技術センターの滝沢隆俊氏及び三興通商(株)の原裕英氏にご尽力頂いた。ブイ設置のオペレーションでは第 32・33 次南極地域観測隊及び「しらせ」乗組員のご支援を頂いた。ブイデータの処理に関しては高知大学の菊地時夫助教授にご協力頂いた。NOAA 画像の解析では国立極地研究所の小野延雄教授・山内恭教授・和田誠助教授及び富士通 FIP の山口良二氏のご協力を頂いた。北大低温科学研究所の若土正暁教授・渡辺達郎氏(現水産庁日本海区水産研究所)にはデータ解析に対する適切な助言を頂いた。以上の方々に深い感謝の意を表するものである。なお、本研究における画像データ解析は国立極地研究所情報科学センターの計算機を利用して行った。

文 献

- ALLISON, I. (1989): The East Antarctic sea ice zone: Ice characteristics and drift. *GeoJournal*, **18**, 103-115.
- FAHRBACH, E., ROHARDT, G., SCHRÖDER, M. and STRASS, V. (1994): Transport and structure of Weddell Gyre. *Ann. Geophys.*, **12**, 840-855.
- 川口貞男・山内 恭 (1992): 大氷山のゆくえ。NOAA 衛星から見た南極, 山内恭・瀬古勝基編。東京, 国立極地研究所, 64-67.
- KUSUNOKI, K. (1967): A gigantic iceberg in Lützow-Holm Bay, Antarctica. *Nankyoku Shiryô (Antarct. Rec.)*, **30**, 25-29.
- OHSHIMA, K.I., TAKIZAWA, T., USHIO, S. and KAWAMURA, T. (1996): Seasonal variations of the Antarctic coastal ocean in the vicinity of Lützow-Holm Bay. *J. Geophys. Res.*, **101**, 20617-20628.
- VIHMA, T., LAUNIAINEN, J. and UOTILA, J. (1996): Weddell Sea ice drift: Kinematics and wind forcing. *J. Geophys. Res.*, **101**, 18279-18296.
- 山内 恭・瀬古勝基・小野延雄 (1992): 沖合流水帯。NOAA 衛星から見た南極, 山内恭・瀬古勝基編。東京, 国立極地研究所, 59-63.

(1996 年 9 月 15 日受付; 1997 年 1 月 29 日改訂稿受理)